



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Abdifatah Sufi Mumin

# Sähköautojen vaikutus sähköverkkoon ja latauspisteiden lisääminen taloyhti- öön

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

15.05.2020

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Abdifatah Sufi Mumin Sähköautojen vaikutus sähköverkkoon ja latauspisteiden lisääminen taloyhtiöön 32 sivua + 1 liite 15.5.2020
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	sähkötekniikka
Ammatillinen pääaine	sähkö- ja automaatiotekniikka
Ohjaaja	lehtori Osmo Massinen
<p>Suomessa sähköautot ovat vielä melko harvinaisia, vaikka niiden määrä on kasvanut nopeasti. Sähköautojen määrän kasvaessa kiinteistöjen tehotarve kasvaa niiden lataamisen seurauksena, mikä kuormittaa sähköjakeluverkkoa sekä lisää sähkönkulutusta Suomessa.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää sähköautojen latauksen vaikutusta sähköverkkoon ja tutkia Auvirinne 33, Savonlinnassa sijaitsevan kerrostalon liittymän päävirtoja, johon liittymän peruskuormaan lisätään sähköautojen lataus, joiden kokonaistehontarve on 50 kW. Lisäksi tarkoitus oli tutkia, mitä vaaditaan latauspistokkeen hankkimiseen taloyhtiön asukkaalta.</p> <p>Tässä tutustuttiin sähköautojen lataustapoihin, historiaan, erilaisiin energian varastointi menetelmiin sekä eri lataustapoihin. Tietoa on kerätty artikkeleista, insinööritöistä, VTT:n tutkimuksista sekä opettajan kanssa käydyistä keskusteluista.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena saatiin aikaiseksi analysointi sähköautojen latauksesta aiheutuvista virran muutoksia taloyhtiön sähköverkkoon. Lopussa verrataan sähköauton taloudellisia etuja verrattuna polttomoottorillisiin autoihin sekä lasketaan sähköauton käyttökustannuksia.</p>	
Avainsanat	akku, sähköauto, sähköverkot , taloyhtiö

Author Title	Abdifatah Sufi Mumin The impact of electric cars has on the electricity grid and adding charging points to the housing company
Number of Pages Date	32 pages + 1 appendix 15 May 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical and automation engineering
Professional Major	Electrical power engineering
Instructor	Osmo Massinen, Senior lecturer
<p>Electric vehicles are quite unusual, and the amount of electric vehicles has risen rapidly. As the number of electric vehicles increases, the power need of properties increases as a result of charging electric vehicles, which in turn increases electricity consumption in Finland and loads the power grid</p> <p>The aim of the thesis is to find out the effect of charging electric cars has on the electricity grid and to study the main currents of the Auvisrinne 33, Savonlinna apartment building connection, to which the electric load of electric cars with total power demand of 50 kW is added. In addition, purpose was to study what is required from, housing association resident to obtain a charging plug for a housing association from a resident.</p> <p>The main currents of the interface were measured with a Fluke 45 network analysis measuring device. The measurement period is 10s, so the measurement shows short changes in the power network. Information was gathered from articles, engineering thesis, VTT research and discussion with the instructor.</p> <p>The result is an analysis of the current changes in the electricity supply of the housing company caused by the charging of electric cars. In the end, economic advantages of an electric car are compared to combustion engine cars, and operating costs of an electric car are calculated.</p>	
Keywords	battery,electric vehicle, housing company

## Sisällys

### Lyhenteet ja käsitteet

1	Johdanto	1
2	Sähkö- ja hybridi ajoneuvot	2
	Täyshybridiautot	3
	Ladattavat hybridit (PHEV)	4
	Täyssähköauto (EV, BEV)	4
3	Sähköautojen historia	5
4	Akkujen historia	6
	Lyijyakku	8
	Solidstate-akku	9
5	V2G-tekniologia	11
6	Sähköautojen lataustavat	11
	6.1 Lataustapa 1	12
	6.2 Lataustapa 2 (hidas lataus)	13
	6.3 Lataustapa 3 (peruslataus)	14
	6.4 Lataustapa 4 (pikalataus)	15
	6.5 Langaton lataus	16
	6.6 Sähköautojen latausinfra-avustus	17
	6.7 Yazakin, Tyyppi 1	18
	6.8 Mennekes, Tyyppi 2	19
7	Sähköautojen vaikutus sähköverkkoon	20
	7.1 Sähköautojen vaikutus sähkön kulutukseen	21
8	Sähköenergian varastointi	23
	8.1 Tesla Powerwall	23
	8.2 Fluence energian varastointiratkaisuna	25
9	Latauspisteiden lisääminen talonyhtiössä	26
10	Yhteenveto	29

Lähteet

30

Liitteet

Liite 1. As Oy Auvisrinteen liittymän virrat

## Lyhenteet ja käsitteet

EV        Electric Vehicle. Sähköautoista yleisesti käytetty nimitys.

HEV        Hybrid Electric Vehicle. Ei-ladattava hybridauto.

Hybridi    Auto, jonka voimalähteenä toimii poltto- ja sähkömoottori.

Latauslaite    Fyysinen laite, johon latauskaapeli kiinnitetään tai mihin se on kiinteästi asennettu

Latauspiste    Paikka, johon voidaan ladata yhtä täyssähköautoa tai ladattavaa hybridiä.

PHEV        ladattava hybridauto, jossa on sekä sähkömoottori, että polttomoottori.

Sähköauto    Auto, jonka voimalähteenä toimii ainoastaan sähkömoottori.

## 1 Johdanto

Uusiutuvien energialähteiden nykytilanne maailmalla on herättänyt maailman suurvallat todellisuuteen. Öljy on ollut jo pitkään käytössä ollut energianlähde, mutta kuten tiedämme kaikella, on tapana loppua jossain vaiheessa. Suomen hallituksen energia- ja ilmastostrategiassa on asetettu tavoitteeksi saada 250 000 sähköautoa ja 50 000 bio-kaasuautoa, joten latauspisteiden määrä joudutaan kasvattamaan moninkertaisiksi. Toistaiseksi latausasema pisteet painottuvat kauppojen ja yritysten pysäköintialueille. Omakotitalojen ja asunto-osakeyhtiöiden sähköautojen latausinfrastruktuuri on vasta alullaan. Sähköautojen yleistymistä taloyhtiöissä vaikeuttaa usein taloyhtiöiden päätöksenteko, sillä niiden lisääminen saattaa aiheuttaa suuria kuluja, joihin osallistuvat kaikki taloyhtiön asukkaat, vaikka suurimmalla osalla ei ole tarvetta sähköautojen latauspisteille. Sähköautojen yleistyminen liikenteessä tarkoittaa liikennemelun laskemista nykyisestä, sillä toisin kuin polttomoottori autot sähköautojen melutaso on huomattavasti alhaisempi. (1.)

Suomen liikenteen kasvihuonepäästöt olivat tilastokeskuksen tietojen mukaan 11,5 milj. hiilidioksiditonniekvivalenttia (2017). Liikenteen päästöjen osuus on Suomessa kaikista päästöistä noin 20 %. Päästöjen vähentämiseen koskevista rajoituksista moni maa on lähtenyt hakemaan ratkaisua päästöjen vähentämiseen sähköautoista. (1.)

Maailmalla monet maat tukevat poliittisesti sähköautoja esimerkiksi vähentämällä autoveroja, asentamalla ilmaisia latausasemia tai tukemalla sähköauton ostajia taloudellisesti auton hankinnassa. Sähköautojen toimintakyky heikkenee kylmissä olosuhteissa, mikä on ollut Suomen kannalta yksi tekijöistä miksi ei ole vielä sähköautoista innostuttu. Auton käyttäjille suurimpia arvoituksia tällä hetkellä on sähköauton energian riittävyys mm. mökkimatkoihin. Nykyisin myynnissä olevien sähköautojen toimintamatka vaihtelee 150-500 kilometrin välillä, joka riittää suurimmalle osalle päivittäiseen ajoon.

Työssä tarkastellaan ja selvitetään, miten latauspisteiden lisääminen tapahtuu taloyhtiöissä. Työssä tehdään esimerkkilaskelmat ja vertaillaan polttomoottori autoilun ja sähkömoottori autoilusta aiheutuvien kustannusten eroja.

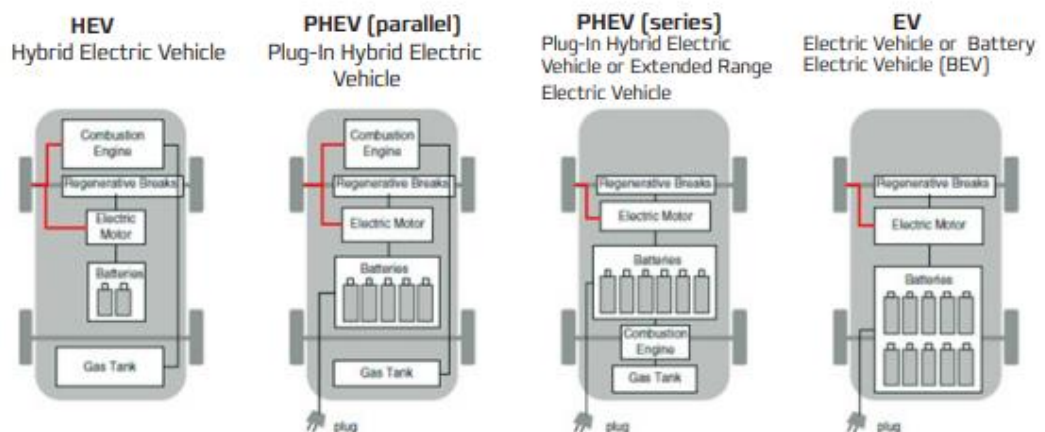
Työssä tarkastellaan erilaisia mahdollisuuksia, joiden kautta voidaan hyödyntää sähköautojen varastoissa olevaa sähkötehoa sähköverkon huipuntasaukseen V2G-ominaisuudella. V2G-ominaisuus eli kaksisuuntainen lataus tarjoaa akkujen latauksen lisäksi mahdollisuutta syöttää autossa olevaa sähköenergiaa takaisin verkkoon päin tarvittaessa. Tämä ominaisuus on kuitenkin vasta alkutekijöissään ja suurin osa latauspistokkeiden valmistajista ei ole lähtenyt lisäämään tätä toimintoa latauspistokkeisiinsa. (1.)

Sähköautojen laaja yleistyminen voi aiheuttaa ongelmia, sillä jos sähköverkosta ladattavien autojen määrä kasvaa runsaasti, voi sähköverkko kohdata ongelmia (2.)

## 2 Sähkö- ja hybridi ajoneuvot

Sähköautot tunnetaan kansainvälisesti lyhenteellä EV, joka on lyhenne englantilaisista sanoista electric vehicle. EV tarkoittaa pääasiassa sähkövarauksella tai osittain sähkövarauksilla kulkevia autoja.

Sähköauton auton akku saa energiansa ulkoisesta sähköverkosta, joka on kytketty pieneen itsenäiseen verkkoon tai valtakunnalliseen verkkoon. Latausasemiin tutustaan tarkemmin luvussa 4. Akkua voi ladata syöttämällä tasavirtaa ”pikalatauksella” suoraan akkuun. Toinen tapa on kytkeä latauslaite sähköverkkoon (3.). (kuva1.)



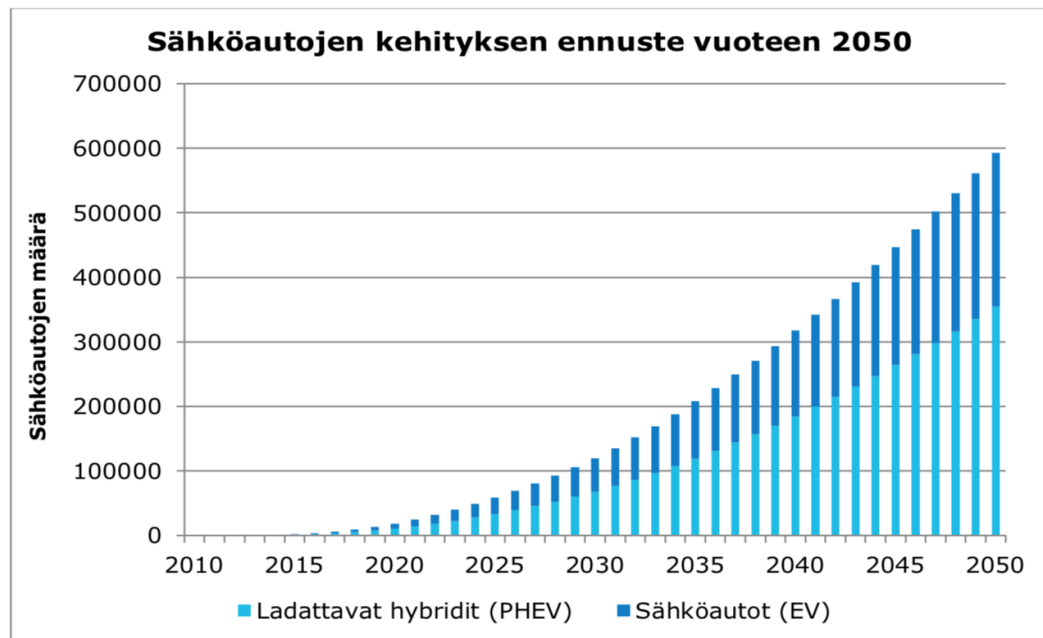
Kuva1. Erityyppiset sähköautot (4).



## Täyshybridiautot

Hybridiautot jakautuvat yleisesti kolmeen osaan, kevythybridi, täyshybridi ja mikrohybridi. Hybridiautot ovat tällä hetkellä Suomessa ostetumpia kuin täyssähköautot, vaikka täyssähköautot tulisivat hallitsemaan tulevaisuudessa. Hybridiautojen suosio johtuu kehittymättömästä latausinfrastrasta. Täyshybridiautoja ei tarvitse lainkaan ladata, hybriditeknologian ansiosta hybridiautoilla on kyky varastoida energiaa talteen. Autoa ajaessa energiaa tuotetaan jarruttamalla. Perinteisissä autoissa jarrutusenergia menee hukkaan, kun taas hybriditeknologia ottaa hukkaan menevät jarrutusenergiat talteen sähkömoottorin käytettäväksi. (3)

Kuvasta 2 huomaa sähköautojen kehityksen olevan hyvässä nousussa.



Kuva 2. Ladattavien ajoneuvojen autokannan ennuste Suomessa. (LIPASTO 2016)

## Ladattavat hybridit (PHEV)

Ladattavista hybridiautoista suurin osa kykenee vaihtosähkölataukseen, ja ne latautuvat enimmäkseen korkeintaan 1-vaiheisena korkeintaan 3,7 kW:n (1 x 16 A) tehoon. Tämän sähköautoryhmän vähimmäislatausvirta on usein 6 A, jotta lataus käynnistyisi. Muutamia poikkeuksellisia malleja lukuun ottamatta, jotka kykenevät suurempiin 10 kW (3 x 16 A) tasasähkölataukseen. (4.)

Hybridi on polttomoottorin ja sähkömoottoria yhdistävä hybriditeknologia. Täyshybridiautomaatiikka valitsee kuljettajalle voimanlähteeksi optimaalisesti sähkömoottorin ja polttomoottorin väliltä. Kuljettajan ei pidä huolehtia moottorienvaihdosta lainkaan, sillä auto hoitaa moottoreiden vuorottelun täysin automaattisesti. Hybridi auto kulkee vain muutamia kilometrejä sähköllä ja tämäkin tapahtuu vain alhaisilla nopeuksilla. (4.)

## Täyssähköauto (EV, BEV)

Täyssähköauto kulkee vain ja ainoastaan sähkövoimalla. Autoa kuljettava sähköenergia on varastoitu autossa sijaitsevaan akustoon. Tällä hetkellä autojen akut ovat suuremmalta osin litiumioniakkuja. Litiumioniakkuja käydään tarkemmin läpi kappaleessa 4. (4)

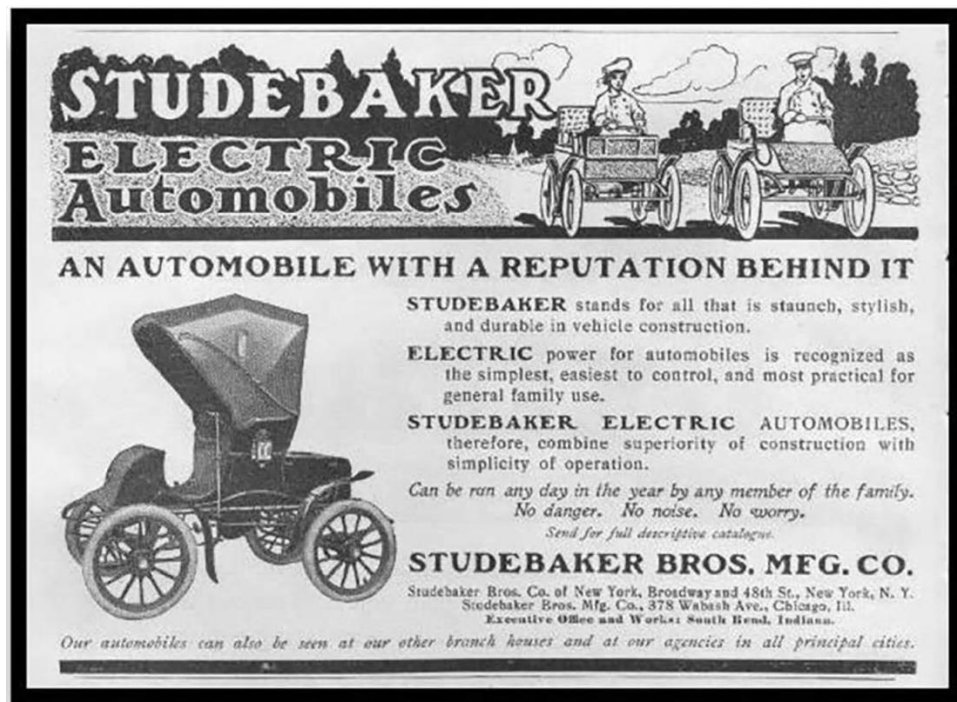
Täyssähköautoissa on tosi paljon potentiaalia tulevaisuutta ajatellen, sillä ne ovat täysin päästöttömiä ja niiden suurissa akuissa olevat energiavarastot voidaan tarvittaessa purkaa V2G teknologialla takaisin verkkoon tai asuinkiinteistöön. Sähköautot voivat olla ratkaisu - globaaliin ongelmaan, sillä polttomoottori autojen korvaaminen sähköautoilla tarkoittaisi hiilidioksidipäästöjen merkittävää alenemista. Vähäpäästöisyydestä autoilijoita palkitaan alhaisemmalla autoverotuksella. (5.)

Täyssähköautot kuluttavat sähköä keskimäärin 0,2 KWh/km, jonka rahallinen arvo on noin kahden euron kustannus 100 km:n ajomatalla. Tämä tarkoittaisi keskimmaisella 150 km/kk ajomatalla joutuisi autoilija maksamaan noin kolme euroa kuukaudessa. (4.)

Täyssähköauto on polttomoottoriautoa paljon hiljaisempi. Sähköautojen lataaminen tapahtuu enimmäkseen autojen ollessaan pysäköitynä kotona, kauppakeskuksissa ja työpaikoilla.

### 3 Sähköautojen historia

1800-luvun lopulla ja 1900-luvun alussa käytiin kovaa kilpailua sähköautojen ja polttomoottorien välillä, tähän aikaan kilpailua johtivat sähkömoottorit. Sähköautojen suosiota nosti autojen helposti käsiteltävyys, siisteys ja hiljaisuus. New Yorkissa oli 1800-luvun lopussa sähkötakseja, jotka olivat kovassa suosiossa johtuen sähköautojen kyvystä kulkea jopa lumisilla kaduilla. 1900-luvun alussa sähköautojen määrä oli suurempi kuin polttomoottoriautojen. (6.) (kuva 3)



Kuva 3. Studebaker Electric – sähköauton lehtimainos vuodelta 1903. sähköautobiilit! Autobiileissa sähkövoima tunnustetaan yksinkertaisimmaksi, hallita ja käytännöllisimmäksi perhekäytössä, kehu lehtimainos vuodelta 1903. (6)

Autojen massatuotannon aloittanut Henry Ford valmisti aluksi polttomoottoriautoja, vaikka uskoi myös sähköautoihin. Ford alkoi tehdä yhteistyötä Thomas Alva Edisonin kanssa ja vuonna 1913 he julkistivat suunnitelmansa sähköautojen massatuotannon aloittamisesta. (6.)

Edisonin kehittämille akuille luvattiin tuolloin autoille jopa 100 km:n ajomatka yhdellä latauksella. Fordin insinöörit olivat sitä mieltä, että eivät ole toimivia, vaikka Edisonin tehtailla ne toimivat. Nykyään tiedetään, että Edisonin akkutekniikka toimii. Joulukuussa 1914 Edisonin laboratoriot paloivat mysteerisesti, mikä hidasti sähköautojen kehitystä. (6.)

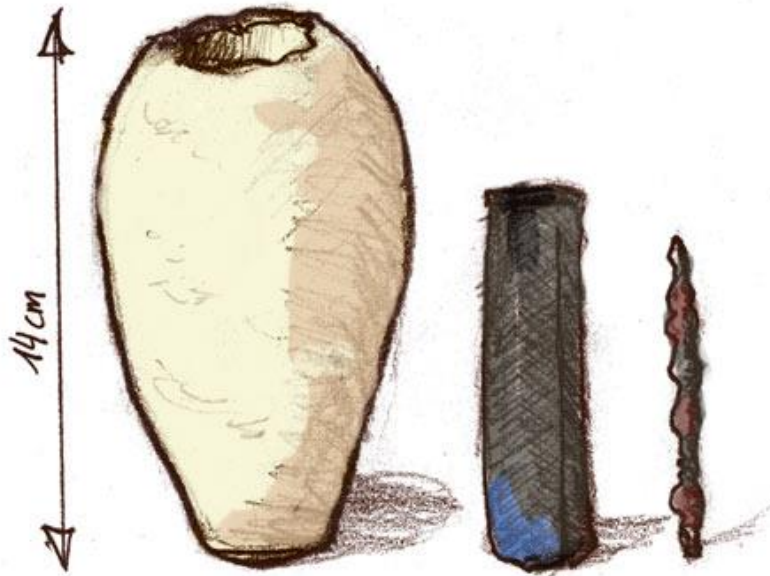
Vuonna 1912 markkinoille tuli polttomootoriauton starttimoottori, joka antoi etulyöntiaseman polttomootoriautoille, sillä niitä ei enää tarvinnut kammata käyntiin. Polttomootoriauton ylivallan ratkaisi ensimmäinen maailmansota. Sähkömoottori ei ollut käytännöllinen ja sotateollisuus kehitti polttomoottorikuorma-autoja. (6.)

Ensimmäisen maailmansodan sähköautot katosivat lähes kokonaan. Jos Edisonin ja Fordin suunnitelma sähköautojen massatuotannosta olisi toteutettu, olisi maailmanhistoria voinut olla kovin erinäköinen. (6.)

#### **4 Akkujen historia**

Mikä oli ensimmäinen maailmalla käytetty akku? Tämän kysymyksen kanssa asiantuntijat eivät ole vielä päässeet yhteisymmärrykseen. Benjamin Franklin on tunnustettu ensimmäisen akun keksijänä ja sanan "Battery" esille tuomisesta vuonna 1749, jolloin hän liitti monta kondensaattoria rinnakkain. (7.)

Osa tutkijoista ovat kuitenkin sitä mieltä, että ensimmäinen akku on ollut olemassa jo 2000 vuotta sitten. "Baghdad Battery", (kuva 4), on löytynyt Khujut Rabusta (Irak). Tämä "akku" koostui keraamisesta ruukusta, kupariputkesta ja rautatangoista. Tutkijoiden mukaan laite toimi akkuna kullan galvanoinnissa raudaksi happoon upotettuna. Toiset tutkijat kuitenkin argumentoivat, että tältä ajanjaksolta ei ole mitään näytettä galvanoidusta kullasta. (7.)



Kuva 4. The Baghdad battery (YOYARLAY Digital media and news)

51 vuotta Benjamin Franklinin akun jälkeen Count Alessandro Volta kehitti ”voltaic pilen”, joka koostui kuparista ja päällekkäin laitetuista sinkkilevyistä, joiden välillä oli kostea tekstiili. Tekstiili kostutettiin suolaliuoksella, joka tuotti elektrolyyttejä kuparin ja sinkinlevyjen välillä, tämän tuloksena saatiin jännite ero. ”Voltaic pile” oli ensimmäinen sähkökemikaalinen akku, ja sitä pidetään maailman ensimmäisenä akkuna. (8.)

”Voltaic pilen” myötä ovat akut kehittyneet huikaisesti käyttämällä monenlaisia ja uudenlaisia kemikaaleja ja materiaaleja.

Paristoja ja akkuja on olemassa laaja valikoima, sillä erilaiset tarpeet ja käyttökohteet vaativat akuilta erinäisiä ominaisuuksia riippuen käytöstä. Esimerkiksi kellojen paristot ovat yleensä pieniä ja kevyitä ja niiden tuottama virta on pitkän elinikensä ajan. Sen sijaan auton käynnistysakun merkittävin tehtävä autolle on luovuttaa hetkellisesti tarpeeksi suuri virta käynnistysmoottorille, myös pitkäikäisyys on suotavaa myös käynnistysakuille. (9.)

EU:n akku- ja paristodirektiivissä akut on jaoteltu kolmeen luokkaan niiden käyttötarkoituksen mukaan (9):

- kannettavat akut ja paristot.

- ajoneuvoakut ja paristot.
- teollisuusakut ja paristot.

## Lyijyakku

Ranskalainen fyysikko Gaston Plante keksi ensimmäisen lyijyhappoakun vuonna 1859, tästä tuli maailman ensimmäinen ladattava akku. Lyijyakku koostui yhdestä rinnan kytketystä kennosta, jotka kiedottiin kumiliuskan ympäri ja jotka laitettiin rikkihapolla täytettyyn sylinterinmuotoiseen joka purkkiin. (9.)

Lyijyakut voidaan jakaa käyttötarkoituksen mukaan kahteen tyyppiin: syväpurkausakut ja käynnistysakut. Käynnistysakut on tarkoitettu luovuttamaan paljon energiaa nopeasti. Lyijylevyt ovat ohuempia niissä ja niissä on käytetty eri materiaaleja. Syväpurkausakut taas luovuttavat enemmän energiaa pidemmällä aikavälillä kuin käynnistysakut. Käynnistys akut jakautuvat vielä märkäkenno- eli standardiakkuihin ja suljettuihin eli VRLA-akkuihin. (9.)

Heikosta energiatiheiden ja painon suhteesta riippumatta tämä akku on ollut korkeassa arvostuksessa johtuen sen hyvästä kyvystä tuottaa ylijännitevirtoja, korkea teho/painosuhte ja alhaiset akun hinnat tekevät siitä houkuttelevan vaihtoehdon käytettäväksi moottori ajoneuvoissa, joissa vaaditaan autonkäynnistykseen korkea virta. (9.)

## Litiumakut

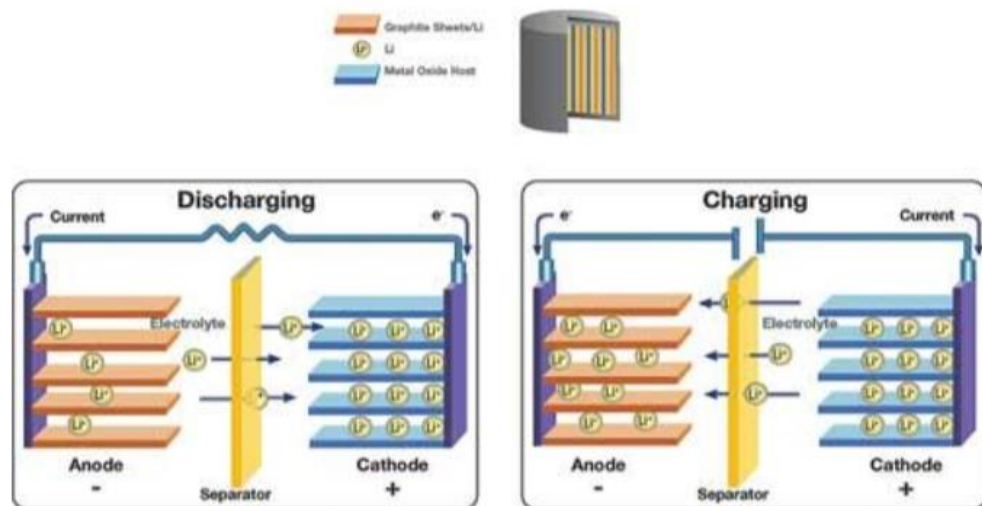
Litium-pohjaiset akut edustavat nykyajan akkuteknologiaa. Litiumioniakkuja käytetään enimmäkseen erityisesti mobiililaitteissa, mutta nykyään niitä on alettu käyttää myös sähköautojen akuissa. Litiumioniakkujen hyviä ominaisuuksia ovat niiden korkea energia- ja tehotehiys, korkea hyötysuhde, hyvä syklikesto, hyvä virranotto-kyky ja

suuri energiatiheys suhteessa niiden painoon, latausaika on lyhyt, akku ei lämpene paljon ladataessa ja niiden kapasiteetti ei alene, vaikka lataus olisikin epäsäännöllistä. Tyyppisiä litiumioniakkujen ominaisuuksia kuvattu taulukossa 1.

Taulukko 1. Li-ioniakkujen ominaisuuksia ( 10.)

Litium-ioni kennon tyypillisiä ominaisuuksia	
Nimellisjännite (V)	4.1
Energiatiheys (Wh/kg)	150
Energiatiheys (Wh/l)	400
Käyttöikä (vuosia)	5
Lataussyklien kesto	1000

Litiumioniakussa litiumioni liikkuu anodin (-) ja katodin (+) välillä. Litiumioni liikkuu purkautuessa anodista katodiin ja ladattaessa toisten päin, ks. kuva 5.



Kuva 5. Litiumakkujen lataus purku ja lämpö käyttäytyminen (10.)

### Solidstate-akku

Solidstate-paristot ovat saman tyyppisiä kuin litiumioni-paristo. Niillä on molemmilla anodi katodi, mutta eroavaisuus näissä paristoissa on elektrolyytissä. Litiumioniparis-

toissa elektrolyytti on nestemäinen, kun taas solidstate-paristossa elektrolyytti ei ole nestemäistä vaan se on kiinteää ainetta ja juuri tähän monet suuret tekniikan alan yhtiöt ovat alkaneet sijoittaa paljon rahaa teknologian kehittämiseen. (11.)

Kiinteän elektrolyytin löytämiseen on kokeiltu monta erilaista mahdollisuutta mm. keraamiikkaa, litiumsulfaattia ja jopa lasia. Solidstate-paristoteknologialla on potentiaalia suoriutua paremmin kuin litiumioni paristot monella erilaisella tavalla. Solidstateparistot ovat tutkimuksien mukaan turvallisimpia, koska nestemäinen litiumioniparistoissa oleva elektrolyytti on tulenarka ja paristot tuottavat paljon lämpöä ja pahimmissa tapauksissa paristot voivat syttyä tuleen. Näin ollen kiinteä elektrolyytti on paljon turvallisempi, sillä siinä ei ole palovaaraa. Solidstate-akuilla on tutkijoiden mukaan myös suurempi elinkaari, sillä ne kestävät akkujen latausta ja purkausta ja toimivat kylmissä olosuhteissa huomattavasti paremmin kuin litiumionakut. (11.)

Monien yritysten ja yliopistojen tutkijat uskovat, että solidstate-paristot tulevat laskemaan huomattavasti paristojen valmistuskuluja, paristoista tulevat pienemmän kokoisia ja niitten energiantiheys kasvaa kolme kertaa verrattuna nykyisiin litiumioni paristoihin. (11.)

SAKTI 3 on erikoistunut solidstate-akkuihin ja se sijaitsee Michiganissa. SAKTI 3 on valittu MIT Technology reviewissa 50 maailman viisaimman yhtiön joukkoon. SAKTI 3:n työtehtävänä on ollut kehittää ja valmistaa solidstate akkuja, jotka käytetään Dysonin valmistamien sähköautojen energian lähteeksi. Dyson on sijoittanut 2.7 miljardia dollaria kehitteillä oleviin sähköautoihin ja huomattava osuus tästä rahasummasta menee solidstate-akkujen kehittämiseen. (12.)

Vuonna 2014 SAKTI 3 ilmoitti kehittäneensä solidstate-akun, jonka energiantiheys on 400 Wh/kg. Panasonicin kehittämät litiumioniakut, joita käytetään Tesla sähköautoissa ovat, energiantihedeltään 230 Wh/kg. (12.)

Dysonilla oli tähtäimessä saada ensimmäiset solidstate-akuilla varustetut sähköautot markkinoille vuoteen 2020 menneessä, mutta tilanne näyttää siltä, että tämä tapahtuisi vasta 2023, joten Dysonin ensimmäiset sähköautot tulevat luultavammin olemaan varustettuina litiumioni-akuilla. (12.)



## 5 V2G-teknologia

V2G-teknologia muuttaa sähköautot liikkuviksi energianlähteiksi, se mahdollistaa autojen akkuihin varastoidun energian palauttamisen sähköverkkoon. Tulevaisuuden kodissa päivisin kodin tai toimiston energianlähteenä voi toimia sähköautoon varastoitu energia. Energian kysynnän ollessa korkea eikä auringonenergiaa ole saatavilla teknologia tukisi infraktuuria syöttämällä energiaa sähköverkkoon sähköautosta V2B (Vehicle to building) ominaisuudella. Erilaisten sopimusten kautta palveluntuottaja hyvittää rahaa auton syöttämisestä energiasta. (13.)

Tällä hetkellä V2G ja V2B ovat alkutekijöissään, sillä sähköautojen laturivalmistajat eivät ole vielä innostuneet tästä ominaisuudesta. Tämä ei kuitenkaan tarkoita, etteikö tämä olisi tulevaisuudessa tärkeässä osassa sähköverkon huipun tasauksessa. (13.)

Auton lataaminen tapahtuisi yöaikaan, jolloin energian kulutus kodissa ja sähkön hinta on matalampi. V2G-teknologia mahdollistaa edullisemman energiantuotannon, suuremman vakauden ja pysyvyyden ja ympäristöystävällisemmän energian. (13.)

## 6 Sähköautojen lataustavat

Suomessa noudatetaan standardisarjan SFS 600 yleisiä vaatimuksia kiinteistössä, jotka käyttävät sähköverkkoaan sähköautojen lataamiseen. Standardit SFS 600-7-722 ja SFS 6000-8-813 standardit antavat täydentäviä vaatimuksia sähköauton lataamista varten tarkoitetuille asennuksille, jotta sähköautoja voitaisiin ladata turvallisesti. Suomessa standardointityöhön osallistuu Sesko ry:n SK 69.

Latausnopeuksiin liittyvien lataustapojen sijaan nykyään puhutaan tehollatauksesta ja peruslatauksesta, kun taas tilapäistä lataustapaa kutsutaan hitaaksi lataukseksi. Latauksen kesto vaihtelee lataustavasta riippuen noin 30 minuutista 12 tuntiin. Latausnopeuteen vaikuttavia tekijöitä ovat akun varaus-, kapasiteetti- ja lämpötila (3). Lataustapoihin vaikuttavia tekijöitä ovat myös kiinteistön liittymän koko ja pysäköintialueen kaapelointi, auton sisäinen laturi ja siihen vaikuttaa myös, kuinka suurella teholla autoa halutaan ladata.

Sähköauton lataukseen kuluva aika voidaan laskea kaavasta, kaava 1.

(1)

$$t = \frac{E}{P}$$

Sähköajoneuvojen latausajan laskentakaava jossa,

t = lataukseen käytetty aika




















E = tarvittava energia

P = latausteho

## 6.1 Lataustapa 1

Kevyeen pientehoiseen sähköajoneuvoon latausta syötetään vaihtosähköllä normaalisti käyttäen korkeintaan 16 A:n ja 250 V:n 1-vaiheisesta tai 480 V:n 3-vaiheista standardin mukaisesta pistorasiaa. Pistorasiana käytetään Schuko-pistorasiaa tai maadoitettua 230 V:n kotitalouspistorasiaa. Tämä asennus täytyy olla suojattu 30 mA:n vikavirtasuojalla. (kuva 6).

Lataustapa soveltuu lähinnä vain kevyen pientehoisen ajoneuvoon kuten skootterin ja sähköpolkupyörän lataukseen.

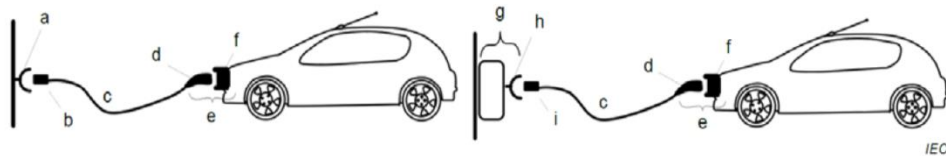
				
Charging mode		Type 1	Type 2	GB/T Standard
AC charging	Mode 2 			
	Mode 3 case b 			
	Mode 3 case c 			
DC charging	Mode 4 			

Kuva 6. Kuvassa esitetty alueelliset erot latauspistokejärjestelmissä lataustapojen 2, 3 ja 4 välillä Euroopassa käytetään tyyppin 2 lataustapaa (14)

## 6.2 Lataustapa 2 (hidas lataus)

Jos ei ole käytettävissä lataustapaa 3 ja sen mukaista ajoneuvopistoketta tai pistorasiaa, voidaan käyttää tilapäisesti lataustapaa 2. Kyseisessä lataustavassa virran ja jännitteen nimellisarvo ei saa ylittää seuraavia arvoja: 32 A ja 250 V AC 1- vaiheinen ja 32 A ja 480 V 3-vaiheinen. Lataustavalle 2 suunnatusta sähköauton syöttölaitteessa on oltava suo- jamaadoitusjohdin pistokkeesta ajoneuvon liittimeen. (15).

Ajoneuvon lähellä olevasta kotitalouspistorasiasta (SFS 5610) syötetään vaihtovirralla sähköajoneuvoa tai teollisuuspistorasiasta (SFS-EN 60309). Ladattava hybridi tai sähköauto voidaan ladata kotitalouspistorasiasta. (15). (kuva 7)



Kuva 7. Sähköautojen lataaminen irrotettavalla latausjohdolla, joka ei ole latausase- man eikä ajoneuvon osa (SFS-EN IEC 61851-1)

Ajoneuvon ottama pitkäaikainen latausvirta täytyy rajoittaa 6-10 ampeeriin ja maksimila- tausteho jää 2,3 kilowattiin, koska kotitalous pistorasiat on suunniteltu kestäämään yk- sijaksoisesti vain kaksi tuntia 16 ampeerin virtaa. Tämän takia on laadittu syksyllä 2016 tullut standardi SFS-En 62752. Teollisuuspistorasioilla ei ole tällaista rajoitusta. (15).

Ajoneuvo liitetään latauspisteeseen standardin mukaisella latausjohdolla, jossa on suoja- ja ohjauslaiteyksikkö (ks. kuva 7). Latausjohdon suojalaiteyksikkö täytyy tukea, jotta pistorasiaan ei kohdistu vääntö- eikä vetorasitusta. (15).

Tämä laite sisältää kommunikaatiomoduulin ja vikavirtasuojan. Kommunikaatiomoduulin avulla laite hallitsee ajoneuvon lataustapahtumaa. Vikavirtasuoja katkaisee jännitteen automaattisesti, mikäli johtimen palaava ja menevä jännite määrät ovat erisuuruiset. Tällä tavalla suojataan käyttäjää sähköiskulta. Jotkut latauskaapelit antavat käyttäjälle mahdollisuuden nostaa latausvirtaa tilapäisesti. Tämmöisissä latauskaapeleissa on usein sijoite pistotulppaan lämpötila anturi tämä suojaa pistokytkimen ylikuumenemiselta. (15).

### 6.3 Lataustapa 3 (peruslataus)

Sähköajoneuvossa oleva laturi syötetään vaihtosähköllä ajoneuvoon kuuluvalla latausjohdolla standardin SFS-EN 62196-2 mukaisesta tyypin 2 sähköautopistorasiasta (ks kuva 9). Tämä on sähköajoneuvoille suositeltavin lataustapa. Tässä lataustavassa virran ja jännitteen nimellisarvo ei saa ylittää seuraavia arvoja: 32 A ja 250 V AC 1- vaihe ja 32 A ja 480 V 3-vaihenen. Lataustavalle 3 suunnatussa sähköauton syöttölaitteessa on oltava suojamaadoitusjohdin pistokkeesta ajoneuvon liittimeen. (16).

Lataustavalle 3 suunnattu sähköauton syöttölaitteessa on oltava suojamaadoitusjohdin pistokkeesta ajoneuvon liittimeen ja/tai ajoneuvonliittimessä (IEC\_61851-1). (17.)

Maksimilatausvirta voi olla 63 A, jolla saavutetaan maksimissaan 43 kW:n latausteho. Pistorasiaa voidaan käyttää myös pienemmällä virroilla riippuen käytössä olevasta sähkötehosta. Ajoneuvopistokkeella varustettu latausjohto voi myös olla latausasema. (ks. kuva 5). (17.)

Ajoneuvoa ladatessa pistokytkimet lukittuvat sähköisesti tai mekaanisesti vastakappaleisiinsa. Latausjärjestelmään kuuluu tiedonsiirtoväylä, jolla varmistetaan, että ajoneuvo on turvallisesti ja oikein kytketty latauspisteeseen. Tämän lisäksi voidaan väylällä ohjata

kuormitusta ja virransyöttöä molempiin suuntiin. (17.)



#### Kuvien selitykset

a = Pistorasia

b = Pistotulppa

c = Latausjohto

d = Latausjohdon ajoneuvopistoke

e = Ajoneuvopistokkeen ja -vastakkeen muodostama kojepistokytin

f = Ajoneuvovastake

g = Latausasema

h = Sähköajoneuvon pistorasia

i = Sähköajoneuvon pistotulppa

Kuva 8. Sähköautojen lataaminen latausasemaan integroidulla latausjohdolla ((SFS-EN IEC 61851-1)

#### 6.4 Lataustapa 4 (pikalataus)

Ajoneuvon akustoa tulee syötetä suurella tasasähkövirralla auton ulkopuolella olevasta tasasähkölaturista. Pikalatauksesta käytetään myös termiä teholataus. Tässä lataustavassa latausjohto on latausaseman osa, ja tämän tyypin latausjohdon ajoneuvopistokkeeseen sovellettu standardin SFS-EN 62196-3 mukaista rakennetta AA (ns. Chademo) tai FF (ns. CCS). Julkisissa latausasemissa pitää olla standardin SFS-EN 62196-2 tyypin 2 ajoneuvopistoke tai/ja SFS-EN 62196:n mukainen tyypin FF (tasasähkö) ajoneuvopistoke, ja niissä pitää mahdollisuuksien mukaan käyttää älykkäitä latausjärjestelmiä. (18.)

Kutein muissakin lataustavoissa latausaika riippuu auton akun kapasiteetista, lataustehosta ja varaustasosta. 100 km:n toimintasäteen lataukseen 50 kW tehoisella pikalatauksella akun lataamiseen kuluu noin 30 minuuttia kuin vastaavasti 2 kW:n tehoisella latauksella kuluu aikaa noin 11 tuntia. Nykyisin tarjolla olevat teholatureiden syöttämät tasavirrat ovat jopa satoja ampeereita ja niiden lataustehot ovat 22–118 kW. Teslan nykyisen kehityksen mukaan tämä latausteho paranee huikeasti 2030 mennessä. (18.)

1. marraskuuta 2018 asennettiin Lohjalle Suomen ensimmäinen suurteholatausasema (pikalataus) Fortumin Charge & Drive:n johdosta tämä on mielestäni suuri harppaus sähköautojen yleistymiselle. Aseman on luvattu lataavan sähköautoja jopa 150 kW teholla. Lupauksesta huolimatta tämän lataustehon saavuttaminen nykyisillä autoilla on mahdollista akku tekniikan vuoksi. (18.)

## 6.5 Langaton lataus

Elektroniikan evoluutio on johdattanut langattomaan teknologiaan, vastaanotetaan internetin langattomasti ja nykyään jopa puhelimien lataus tapahtuu langattomasti. Nyt kun autotkin ovat sähköistymässä, on turvallista olettaa, että jatkossa autot voidaan ladata langattomasti. Uskon, että voisimme tulevaisuudessa kuvitella autojen latautuvan liikennevaloissa, parkkipaikalla ja jopa liikenteessä. Tämä olisi ratkaisu autojen akkujen riittävyydelle. (19.)

Langattoman latauksen mahdollistaa sähkömagneettinen induktio. Sähkömagneettinen induktio koostuu kierretystä (käämitetystä) johtimesta ja kelasydäimestä, jotka ovat yleensä kuparia. Yksi kela toimii lähettimenä ja se sijoitettaisiin tulevaisuudessa parkkipaikoille, liikennevaloristeyksiin tai voitaisiin jopa sijoittaa liikenteen alapuolelle. Toinen kela sijaitsee ajoneuvon alapuolella, ja se toimii vastaanottajana. Sähkön virratessa lähettimestä vastaanottajalle se generoi magneettisen kentän ja näin ollen tuottaa sähköä, joka siirtyy vastaanottimeen ja sitä kautta lataa akkua. (19).

Alan ammattilaiset uskovat, että langaton lataus sähköautoille tapahtuu neljässä vaiheessa. Vaihe 1 asuintaloihin, vaihe 2 parkkipaikoille, vaihe 3 liikenteen alapuolelle, vaihe 4 dynaaminen lataus systeemi. (19)

Ensimmäinen vaihe on jo käynnissä, on ainakin kaksi yhtiötä (EvaTron ja WiTricity), jotka ovat jo kehittäneet langattoman latauksen sähköautoille. Evertonilla on langaton lataus systeemi, joka toimii Tesla model 3, BMW i3 ja Nissan leaf-sähköautoille. Latausjärjestelmien tuottamat tehot vaihtelevat ja ne ovat 3.3 - 7.2 kW. (19).

WiTricityn lataussysteemi on tehokkaampi kuin edellä mainittu EvaTron, sillä päästään 11 kW:n tehoille. Näiden lisäksi autonvalmistajat ovat alkaneet kehittämään omat langattomia lataussysteemiä mm. Nissan ja MBW. (19)

Langattoman latauksen 1. vaihe näyttää siis olevan toteutunut. Vaiheisiin 2 - 4 tarvitaan valtion tukea.

Latausstandardeilla viitataan latauspistokkeisiin, jotka eroavat toisistaan huomattavalla tavalla. Eurooppalaiset autovalmistajat valmistajat käyttävät tyypin 2 Mennekes-latauspistoketta ja yhdysvaltalaiset sekä japanilaiset autovalmistajat ovat käyttäneet tyypin 1 Yazakin -latauspistoketta. Myös ranskalaisilla on ollut oma latauspistoke tyypin 3 Scame -latauspistoke. (19).

Latauspisteiden kehitystyö on yhdenmukaistettava, koska tällä hetkellä on monia erilaisia latauspistoke ja -lataustapoja. Jyväskylässä ammattilaisille järjestettävässä tapahtumassa sähkömessuilla oli kolme vuotta sitten viisi latauspistokevalmistajaa, (20.) kuin viime keväänä määrä 2019 nousi viiteentoista. Euroopassa ollaan tähän asiaan tehty päätös, jonka mukaan Euroopan parlamentti on päättänyt tukea vain yhtä latauspistoketta näin ollen joutui Scame väistymään Mennekesin tieltä. (20.)

Latauspisteiden rakentaminen ei vaadi lupaa viranomaisilta, mutta sähköurakoitsijan on tehtävä käyttöönottotarkastus ja on toimitettava sähköyhtiölle pöytäkirja tarkastuksesta. Latauspisteiden tehoja mitoittaessa oletusarvona täytyy olla se, että kaikki latauspisteet ovat samanaikaisesti käytössä. Latausvirran on riitettävä kaikille autoille tai oltava kuormituksen hallinta käytössä eli älykäs latausjärjestelmä. Jos kaikilla latauspisteillä on oma vikavirtasuojaja ja ylivirtasuojaja, voidaan kytkeä samaan ryhmäjohtoon monta latauspistettä. Näillä suojilla suojataan muita autoja, jos yksi latauksessa olevista autoista vioittuu. (20.)

Latauspistokkeiden suurista eroista huolimatta jokaisessa tyypin 1 ja tyypin 2 latauspistokkeissa on latausliittimen lisäksi kaksi signaaliliitintä, control pilot ja promixity pilot. Control pilotin avulla ilmoitetaan, kuinka suuri latausvirta latausasemasta voidaan ottaa ja promixity pilotin avulla ilmoitetaan latausasemalle latauskaapelin virtakestoisuudesta. (20.)

## 6.6 Sähköautojen latausinfra-avustus

Suomessa latausinfra-avustuksella tuetaan sähköautojen kotitalousmahdollisuuksien kasvua ja siten sähköautokannan kasvua, jotta voitaisiin laskea ilmastopäästöjä ilmasto- ja energiastrategian suunnitelmien mukaisesti (21.)

Avustusta annetaan valtionavustuslain (688/2001) nojalla asuinrakennuksen omaaville yhteisöille sähköisen liikenteen latausinfra rakentamiseen. Valtio on varannut avustuksiin 1,5 miljoonaa euroa. Tämä tuki koskee vain olemassa olevia kiinteistöjen latausinfra parantamiseen, tämä avustus ei myönnetä uudiskohteille. Avustus on 35 % toteutuneista latauspisteiden lisäämiseen kohdistuneesta kuluista, kuitenkin avustuksen määrä on enintään 90 000 € ja edellytyksenä on, että yhteisö rakentaa latauspisteitä vähintään viidelle sähköautolle. (21.)

Kaapelointeihin, putkituksiin, pääkeskukseen vaikuttaviin muutoksiin, tarvetarkoitukseen, hankesuunniteluun sekä maanrakennustöihin voi saada avustusta. (21.)

Latausinfra-avustushakemukseen liitetään seuraavia asiakirjoja:

- kaupparekisteriote.
- päätösvaltaisen kokouksen kokouspöytäkirja.
- kustannusarvio.
- selvitys toimienpiteistä.

## 6.7 Yazakin, Tyyppi 1

Tyyppi 1 Yazakin on japanilaisten suunnittelema ja amerikkalaisen standardisointijärjestön SAE:n (Society of Automotive Engineers) standardisoima latauspistoke, joka tunnetaan nimellä J1772. Tyyppi 1 Yazakin latauspistoke. (ks.kuva 9). Yazakin"latauspistoke





Kuva.9 Tyyppi 1 "Yazakin" latauspistoke". (PlugIt Finland oy, 2012)

## 6.8 Mennekes, Tyyppi 2

Tyypin 2 Mennekes latauspistoke (kuva 10) on saksalaisen yhtiön Mennekesin kehittämä latauspistoke. Mennekes latauspistoke on Euroopan parlamentin toimesta standardisoitu pistoke ja se tarkoittaa, että julkisissa latauspisteissä Mennekes - latauspistoke on ollut pakollinen Euroopassa marraskuusta 2017 lähtien. Mennekes-latauspistokkeella voidaan ladata sekä yksivaiheisesti että kolmivaiheisesti 3,6–22 kW,

mutta olemassa olevissa latauspisteissä saa ladattua 32 A:n virralla. Mennekes latauspistoke sallii myös yksivaiheisen latauksen.



The "type 2" connector, officially endorsed as the European EV plug.

Kuva 10. Tyyppi 2 "Mennekes" - latauspistoke". (PlugIt Finland Oy, 2012)

## 7 Sähköautojen vaikutus sähköverkkoon

Sähköautojen voimakkaalla yleistymisellä tulee olemaan vaikutuksia sähköverkkoon. Nämä voivat olla joko mahdollisuuksia tai haittoja. Sähköverkkoon voi tulla haittoja silloin kun sähköautojen latausta ei ohjata älykkäästi, jolloin verkko ylikuormittuisi. Pahin tilanne verkon kannalta olisi silloin, kun suurin osa sähköautoista kytkettäisiin latureihin samanaikaisesti illalla sähköliesien ja sähkökiukaitten kanssa. Ratkaisu tähän löytyy älykkäästä latauksen ohjaamisesta, Älykkäät latausjärjestelmät sisältävät auton, latausaseman ja verkon välisen kommunikoinnin, mikä tarkoittaa sitä, että autojen ottamia lataustehoja ohjattaisiin etäisesti tilanteen ja tarpeen mukaisesti. (23.)

## 7.1 Sähköautojen vaikutus sähkön kulutukseen

Kerrostalotyyppi kohteessa on asunto osake yhtiö Auvisenrinne 33, Olavinkatu 33 Savonlinnassa sijaitseva kerrostalo, jossa on 62 huoneistoa, 3 x 250 A liittymä, kiinteistössä on 4 hissiä ja 45 autonlämmitys paikkaa.

Virran mittaus tehtiin Fluke 45 verkoston analysointi mittauslaiteella ja mittaus jakso oli erittäin lyhyt 10 s, joten mittauksessa ilmenee lyhyetkin muutokset verkossa. Mittaus jakso on klo 22 - 06, mikä vastaa yö aikaista kuormaa. Kohteen mittaukset tehtiin helmikuun 3. päivän illalla ja mittaus jatkui helmikuun 4.aamuun. Alempana olevat graafiset näkymät (kuva 11) kuvaavat perus kuormaa verkossa ja ylempänä on kuvattu peruskuormaan lisätty 50 kW, mikä vastaa ampeereina 72,17 A, joka on koko ajan jatkuvasti päällä kaikille vaiheille. Taloyhtiön liittymä on mitoitettu ST 13.31 mukaan ja on tarkennettu 2003 uusien hissien hankinnan yhteydessä. Useamman verkostomittauksen jälkeen, on tarkentunut siirtosulakkeen suuruus ensin 3 X 200 A: iin ja sittemmin 3X160 A: iin.

Mittaukset osoittivat liittymän huippukuorman olevan muutamia sekunteja lähelle 160 A:a, keskimäärin kuormat olivat 50-100 A. Taloyhtiössä on tällä hetkellä automaatio, mikä estää yli 160 A:n kuormitustilanteen ohjaamalla autojen lämmityskuorman ja laitosiukaiden kuormitukset pois päältä samaan aikaan, kun esim. hissit käynnistyvät ja/tai ovat merkittävästi samaan aikaan käynnissä. Kuormituskäyrät osoittavat liittymässä on merkittävässä määrin varaa mm. sähköautojen lisäkuormille, tietysti se vaatii automaation lisäystä.



Jos sähköautojen kulutusta voitaisiin ohjata sähköverkon kannalta optimaalisempaan ajankohtaan, se toisi kustannussäästöjä sähköverkon operatiiviseen toimintaan. Merkittävin säästö tapahtuisi siirtämällä autojen lataamista ilta-aikaan, jolloin sähkön hinta on edullisinta. Lataavat sähköautot voisivat osallistua reserveihin syöttämällä sähköä verkoon sähkönhuippukulutuksen ajankohtina. Tästä sähköauton omistaja saisi rahallista hyötyä sopimuksen mukaisesti. Tämä toiminto vaatii aiemmin työssä mainitun V2G - ominaisuuden, joka on kuitenkin tällä hetkellä alkutekijöissä. (23.)

## **8 Sähköenergian varastointi**

### **8.1 Tesla Powerwall**

Sanasta Tesla tulee useimmille mieleen Nikolai Tesla, joka oli tunnettu fyysikko ja keksijä, jota pidetään yhtenä historian merkitsevimmistä keksijöistä. Nikolain Teslan tunnetuimpia töitä ovat mm. langaton energiansiirto, kauko-ohjaus ja vaihtovirtaoikosulkumoottori. Hänen mukaansa on nimetty magneettivuon tiheyden yksikkö tesla. Toisille tulee Tesla-nimestä mieleen Tesla-sähköautot, joita tuottaa Tesla.inc. (24.)

Tesla.inc on yhdysvaltalainen auto- ja energiayhtiö, joka perustettu 1. heinäkuuta 2003 San Carlosissa, Kaliforniassa. Teslan työjohto on korostanut, että Tesla ei ole ainoastaan sähköautoja kehittävä yritys vaan myös merkittävä akkuyritys, jotka myyvät paristojaan erilaisiin käyttöihin esimerkiksi Teslan mallin 3 kaltaisiin sähköautoihin ja Powerwallin kaltaisia kiinteitä energiatuotteita. (24.)

Teslan osakkeenomistajat pääsivät yhteisymmärrykseen Elon Muskin ehdotuksesta ostaa Solar City, tämä kauppa maksoi Teslalle 2.6 miljardia dollaria. Solar city on erikoistunut auringonenergiapalveluihin. Elon Muskilla oli suuria ajatuksia takana tässä rahakkaassa kaupassa. Hänen ajatuksena oli liittää aurinkopaneelit Powerwalliin, johon voidaan tehokkaasti varastoida aurinkopaneelilla tuotettua puhdasta energiaa, jota voitaisiin käyttää tarvittaessa. (24.)



Kuva 12. Teslan 14 kWh:n Powerwall-akku (13)

Tesla Powerwall 2 on ladattava litiumioniakkuja sisältävä energiavarastointilaitte (kuva 12) ja se on yksi maailman edistyksellisimmistä asuinenergian varastointijärjestelmistä. Powerwallin tärkeimmät toiminnot kotitalouksissa ovat aurinkopaneelisähköllä latautuminen, halvan sähkön säilyttäminen ja sähköntuotanto esimerkiksi sähkökatkon aikana. Powerwallin toimintaperiaatteisiin kuuluu sen kyky varastoida aurinkopaneeleista käyttämättömäksi jäämää energiaa ja kyky käyttää varastoimaansa energiaa, kun talon sähkövaatimukset ylittävät aurinkopaneeleitten tuottaman energian.

Powerwallin suunnittelussa on otettu hyvin huomioon laitteen sijoitusmahdollisuus. Powerwall on suunniteltu asennettavaksi sisä- ja ulkotiloihin. Löytyy myös suurempia Powerwall-laitteita, jotka on tarkoitettu sähköiseen tai kaupalliseen sähköverkkoon, jota voidaan käyttää varavoimaan, kysyntävasteeseen, taajuussäätöön tai sähköverkon huipun tasaukseen. (24.)

Powerwall 2 on tasasähköllä toimiva akkujärjestelmä, jonka käyttökapasiteetti on 13.5 kWh ja sitä voi käyttää 7 kW:n huippuarvolla tai 5 kW:n jatkuvalla syötöllä. Useimmissa kotitalouksissa on verkkovirtaa (230 V). Teslan Powerwallissa on kotitalouksien verkkovirta otettu huomioon, sillä Powerwallissa on sisään rakennettu inventteri. Se muuntaa akusta tallennetun tasavirran (DC) vaihtovirraksi (AC) mikä tarkoittaa sitä, että kuluttajien ei tarvitse mitään lisäinvestointia hyödyntääkseen Powerwallia kotitalouksissaan. Päinvastoin kun akkua tarvitsee ladata, silloin taajuusmuuntaja vaihtaa vaihtovirran takaisin

tasavirraksi, joka varastoituu akkuun. Taajuusmuuntajan virran vaihdon tehokkuus on Powerwalissa 90 %. Tämä tarkoittaa sitä, että 10 % lähetetystä tehosta menetetään muutoksen aikana (24.)

## 8.2 Fluence energian varastointiratkaisuna

Sähköenergian areenalla on tapahtumassa suuria muutoksia, sillä energiatekniikan kaksi suurta yhtiötä, Siemen ja AES, ovat alkaneet tehdä yhteistyötä ja niiden tavoitteena on keksiä uusia mullistavia keinoja sähköenergianvarastoinnin edistämiseksi. Tarkoituksenansa on määritellä sähköenergian varastoinnin tapa uudelleen (25.)

Näiden mahtiyhtiöiden tarkoituksena on vaikuttaa uudella ja mullistavalla tavalla sähkön-tuotantoon, jakeluun ja varastointiin. Energian varastoinnin tarve ei ole ikinä aikaisemmin ollut näin kriittisessä tilanteessa. Nyt näiden kahden mahtiyhtiöiden yhteistyön ansiosta on otettu suuri askel energianvarastoinnin kannalta. (25.)

Fluence - yhtiöiden kehittämä historiallinen yksikkö, joka tulee muuttamaan tulevaisuuden energian varastoinnin tapoja (kuva 13). Nämä yhtiöt tarjoavat tuotteitaan ja palvelujaan 160 maassa. Fluence tarjoaa energiavarastointiratkaisuja ja - palveluita, jotka on suunnattu ja muokattu omalla tavallaan jokaiselle asiakkaalle. (25.)

Fluence ollaan ottamassa käyttöön UK Power Reserven toimesta, ja sen odotetaan olevan täydessä toiminnassa vuonna 2019. UK Power Reserven käyttöönottamassa Fluence-akun varastointikapasiteetin on 120 MW. Tämä otetaan käyttöön Yhdistyneessä kuningaskunnassa ja sen tarkoituksena on tarjota tarvittaessa vakautta korjata hetkellisiä teho kuormia Yhdistyneen Kuningaskunnan verkossa (25.)



Kuva 13. Fluence energy storage (AES Corporation, 2016)

## 9 Latauspisteiden lisääminen talonyhtiössä

Latauspisteiden kartoitus ja suunnittelu talonyhtiössä lähtee liikkeelle siitä, että asukkailla syntyy tarve rakentaa latauspisteitä sähköautoille. Asukkaat eivät saa rakentaa latauspistettä omalla tahdolla, sillä latauspaikan tai – paikkojen rakentaminen edellyttää kiinteistön omistajan päätöstä. Taloyhtiöiden päätösten lähtökohtana on osakkaiden yhdenvertainen kohtelu rakentamis-, ylläpito- ja käyttökustannuksia jaettaessa. Tämä koskee pääasiassa asunto-osaakeyhtiömuotoisia ja muita yhteisomisteisiä kiinteistöjä. Helpoin tapa päästä alkuun on rakentaa aluksi vain muutama latauspaikka, joka ei aiheuta muutoksia kiinteistön sähköjärjestelmään. Jos talonyhtiön kapasiteetti ei riitä latauspisteiden rakentamiseen niin voidaan sopia yhtiökokouksen yksinkertaisella enemmistöllä kapasiteetin lisäyksestä. (26.)

Taloyhtiön olisi hyvä kääntyä palveluntarjoajan tai asiantuntevan sähkösuunnittelijan puoleen, saataisiin kartoitettua sähkötekniset valmiudet ja mahdolliset muutostarpeet.



Kartoituksella isännöitsijä ja hallitus saa tarpeelliset tiedot, sekä kustannusarviot latauspisteiden rakentamiseen. Samalla saadaan selville sähköliittymän kapasiteetin riittävyys. Nykyiset kiinteistöt ovat jo valmiiksi mitoitettuja. Vaikka moni kiinteistö on ylimitoitettu, ne eivät luultavasti tule kestämaan monen latauspisteen lisäystä, sillä aikaisemmissa kiinteistöissä ei ole otettu huomioon sähköautojen latauksen vaatimaa korkeata sähkönkulutuksesta. Sähköautojen latauspisteiden lisääminen kiinteistöön nostaa huomattavasti kiinteistön kuormitusta sähkökuormitusta, joten täytyy suunnitteluvaiheessa kartoittaa. Jos kartoituksessa selviää, että sähköliittymää on suurennettava, joudutaan pyytämään verkkoyhtiötä suunnittelemaan tarvittavat vahvistukset sähkön jakeluverkkoon. Suunnittelu- ja kartoitusvaiheessa voi nostaa esiin aurinkosähkön lisääminen, sillä se voi olla toteutuskelpoinen ja vastuullinen ratkaisu verkkovirran tukena. (26.)

Kiinteistössä on mahdollista myös käyttää ulkoista palvelun tarjoajaa, sillä on useita yhtiöitä, jotka tarjoavat tällaista mahdollisuutta. Nämä palvelut tarjoavat talonyhtiön hallitukselle ja isännöitsijälle vaivattoman ja ratkaisun, sillä kustannukset kohdistetaan suoraan sähköautoilijalle. Autoilijan sähkönkulutus mitataan latauspisteeseen liitettävällä kWh mittarilla, josta saadaan helposti kuluneen sähköenergian määrä. Tällaisella palvelumallilla päästään alkuun ja se on hyvin toimiva. (24)

### 9.1 ARAn investointituki

Asumisen rahoitus – ja kehittämiskeskus (ARA) myöntää sähköautojen avustusta asuinrakennuksen omistaville yhteisöille. Avustuksiin on varattu valtion talousarviossa yhteensä 1,5 miljoonaa euroa. Avustuksen tarkoituksena on edistää sähköautojen kotilatausmahdollisuuksien yleistymistä ja sitä kautta yritetään kasvattaa sähköautokannan kasvua kansallisen ilmasto- ja energiastrategian tavoitteen mukaisesti 250 000 sähköautoon 2030 mennessä. (25)

Kun talonyhtiöön halutaan lisätä enemmän, kuin muutama latauspiste silloin voi hyödyntää Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus ARA:n 35%:n investointitukea. ARA tukee latauspisteiden rakentamisesta aiheutuvia kuluja kuten kaapelointia ja sähköpääkeskusten kapasiteetin kasvattamista. (25)

Listaus avustettavista kustannuksista:

- tarvetarkoitus
- hankesuunnittelu
- sähköpääkeskukseen tarvittavat muutostyöt
- sähköliittymän tyypin muutos

- putkitukset ja kaapeloinnit (25)

Sähköautojen tarkka latauskustannuksien arvioiminen voi olla hieman hankalampaa, kuin polttoaineella kulkevalla autolla. Sähköautojen energian kulutus vaihtelee enemmän, sillä auton sisätilan lämmittäminen vie enemmän sähköä kuin polttomoottoriautoissa, jossa lämpö tuotetaan epätehokkaan palamisprosessin sivutuotteena. Tämän lisäksi niin kuin polttomoottoriautossa sähköenergian kulutukseen vaikuttaa esimerkiksi ajonopeus sekä ilmavastus, joka vaihtelee ilman lämpötilan mukaan.

Trafin mukaan Suomessa autoilijat ajavat keskimäärin 16 800 kilometriä vuodessa, tämä vastaa noin 46 kilometrin päivittäisen ajomatkan. Seuraavaksi verrataan sähköautoilijan ja polttomoottoriautoilijan ajokilometrien kustannuksia. (26).

Polttomoottoriautoilijan ajokustannukset:

Oletetaan, että polttomoottoriautolla kulkeva ajaa 20 kilometriä tai 46 kilometriä päivässä. Laskelma tehdään auton 7 litraa/100 km:n kulutuksella.

20 kilometriä päivässä ajavalle kertyy vuodessa noin 7 300 ajokilometriä. Tämän hetkisen polttomoottorin hinnalla 7 300 ajokilometriä maksaa noin. 510 €. (1,459€/l).

46 kilometriä päivässä ajavalle kertyy vuodessa noin 16 800 ajokilometriä. Tämän hetkisen polttomoottorin hinnalla 16 800 ajokilometriä maksaa noin 1180 €.

Sähköautoilijan ajokustannukset:

Sähköautot ja lataushybridiautot kuluttavat noin 15-20 kWh/km. Tässä esimerkissä lasketaan 20 kWh/km kulutuksella.

20 kilometriä päivässä ajavalle kertyy vuodessa noin 7 300 ajokilometriä. Tämä nostaa vuoden sähkön kulutuksen 146 kW:iin. 146 kW:n kulutuksesta autoilija joutuu maksamaan noin 220 € vuodessa. (6,57 snt/kWh).

46 kilometriä päivässä ajavalle kertyy vuodessa noin 16 800 ajokilometriä. Tämä nostaa vuoden sähköauton kulutuksen 335 kW:iin. 335 kW kulutuksesta autoilija joutuu maksamaan noin 220 € vuodessa. (6,57 snt/kWh)

## 10 Yhteenveto

Sähköautojen lisääntymistä maailmalla hidastaa niiden korkea hinta, ei niinkään korkeat käyttö maksut. Sähköauton kallein komponentti tällä hetkellä on sen akku. Litium akkujen hintojen laskeminen valmistuskustannusten laskiessa sekä solistade - akkujen jatkuva kehitys tulee luultavasti helpottamaan sähköauton valmistuksen hintaa ja täten alentamaan sähköauton ostohintaa.

Sähköauton käyttäminen sähkövarastona tulevaisuudessa tulee olemaan ratkaisu, jolla voidaan helpottaa autojen aiheuttamaa rasitetta sähköverkolle. Auton ollessa latauksessa sähköön kulutuksen huippujen aikana voidaan autoon varattua sähköä syöttää takaisin verkkoon, jolloin sähköverkon huippu rajoittuu.

Työssä selvisi sähköautojen latauksen vaikutus sähköverkkoon ja tutkittiin Auvisrinne 33, Savonlinnassa sijaitsevan kerrostalon liittymän päävirtoja, johon liittymän peruskuormaan lisätään sähköautojen lataus, joiden kokonaistehontarve on 50 kW. Mittaukset osoittivat, että taloyhtiön liittymässä on varaa sähköautojen lataukselle, ilman suurempaa liittymää, edellytyksenä tietysti on, että latausjärjestelmä integroidaan osana kiinteistöautomaatiota.

Suunnittelu syntyy talonyhtiöihin asukkaiden tarvitsemien latauspisteiden myötä. Talonyhtiössä asukkaat eivät saa rakentaa latauspisteitä omalla tahdolla, sillä se edellyttää kiinteistön omistajan päätöstä. Latauspisteiden asentamispäätöksiä tehdessä lähtökohdana on osakkaiden yhdenvertainen kohtelu rakentamis-, ylläpito- ja käyttökustannuksia jaettaessa. Tämä koskee pääasiassa asunto-osakeyhtiömuotoisia ja muita yhteisomisteisia kiinteistöjä.

Työn aikana selvisi, että ARA tukee sähköautojen latauspisteiden avustusta, johon ARA on varannut yhteensä 1,5 miljoonan euron määrärahat. Tuki koskee kartoitusta, hanke-suunnittelua, sähkönpääkeskukseen tarvittavat muutostyöt, Sähköliittymän tyyppin muutosta ja putkituksen ja kaapeloinnin vaikuttaviin tekijöihin.

Työssä vertailtiin myös sähköautoja ja polttomootoriautojen taloudellisia kustannuksia, vertailussa ilmeni sähköautojen olevan huomattavasti edullisempi.

## Lähteet

- 1 [http://www.sahkoala.fi/koti/sahkoautot/fi\\_FI/sahkoautoja/](http://www.sahkoala.fi/koti/sahkoautot/fi_FI/sahkoautoja/)
- 2 [http://www.aut.fi/tilastot/autokannan\\_kehitys/sahkoautojen\\_maaran\\_kehitys](http://www.aut.fi/tilastot/autokannan_kehitys/sahkoautojen_maaran_kehitys)
- 3 <https://akkuekosysteemi.com/akut-2/>
- 4 ST 51.90
- 5 <https://plugit.fi/fi-fi/article/sahkoautot/sahkoautot-1800-luvulta-tahan-paivaan/229/>
- 6 <https://www.tekniikkatalous.fi/uutiset/sahkoauto-oli-1900-luvun-alussa-selvasti-bensiiniautoa-suositumpi>
- 7 <https://www.hs.fi/autot/art-2000006260113.html>
- 8 [https://en.wikipedia.org/wiki/Baghdad\\_Battery](https://en.wikipedia.org/wiki/Baghdad_Battery)
- 9 <https://books.google.fi/books?id=4KDvAwAAQ-BAJ&pg=PA31&lpg=PA31&dq=lyijyakku+gas>
- 10 [http://www.motiva.fi/liikenne/henkiloautoilu/valitse\\_auto\\_viisaasti/ajoneuvoteknii](http://www.motiva.fi/liikenne/henkiloautoilu/valitse_auto_viisaasti/ajoneuvoteknii)
- 11 <https://www.navigantresearch.com/news-and-views/is-2020-the-year-of-solid-state-batteries-for-evs>
- 12 <https://www.cityam.com/dyson-writes-off-46m-battery-developer-sakti-3/>
- 13 <https://tekniikanmaailma.fi/arkisto/07-2018>
- 14 <http://www.sahkoala.fi/am>
- 15 [https://en.wikipedia.org/wiki/Solid-state\\_battery](https://en.wikipedia.org/wiki/Solid-state_battery)
- 16 <https://www.youtube.com/watch?v=Oz2OtEWN1ao>
- 17 [https://www.sesko.fi/standardit/standardoinnin\\_aihealueita/sahkoautot\\_ja\\_latausjarjestelmat/lataussuositus](https://www.sesko.fi/standardit/standardoinnin_aihealueita/sahkoautot_ja_latausjarjestelmat/lataussuositus)

- 18 [https://www.sesko.fi/files/889/Lataussuositus\\_2018\\_2018-03-08.pdf](https://www.sesko.fi/files/889/Lataussuositus_2018_2018-03-08.pdf)
- 19 <https://www.carmagazine.co.uk/electric/what-is-electric-car-wireless-charging-wevc-and-how-does-it-work-/>
- 20 <https://www.greentechmedia.com/articles/read/wireless-ev-chargings-first-road-block-no-cars>
- 21 [file:///C:/Users/abdifatm/Downloads/Sahkoautojen\\_latausinfra-avustus-ohje\\_2020.pdf](file:///C:/Users/abdifatm/Downloads/Sahkoautojen_latausinfra-avustus-ohje_2020.pdf)
- 22 <https://docplayer.fi/48578087-Sahkoautojen-latausjarjestelmat-ja-esisuunnitelma.html>
- 23 <https://www.fingridlehti.fi/250-000-sahkoautoa-tulee-kaatuuko-kantaverkko/>
- 24 <https://cleantechnica.com/2019/01/19/everything-you-need-to-know-about-the-powerwall-2-2019-edition/>
- 25 <https://www.energy-storage.news/news/fluence-sets-sights-on-displacing-gas-as-400mwh-storage-plant-nears-complet>
- 26 [https://www.motiva.fi/files/10869/Kiinteistojen\\_latauspaikat\\_esiselvitys.pdf](https://www.motiva.fi/files/10869/Kiinteistojen_latauspaikat_esiselvitys.pdf)
- 27 <https://latauslaitteet.fi/artikkelit/sahkoauton-lataustavat/>
- 28 <https://autotoday.fi/nain-sahkoauton-langaton-lataus-ja-automaattinen-pysakointi-voi-toimia-tulevaisuudessa/>
- 29 <https://www.jokamies.fi/suomen-ensimmainen-sahkoautojen-supernoepa-latauspiste-avattiin/>
- 30 <https://fluenceenergy.com/>
- 31 <https://www.youtube.com/watch?v=oPh2879pyw0>
- 32 Sähköala koti 3/2019
- 33 <https://docplayer.fi/48887263-Litiumakkujen-lataus-purku-ja-lampotilakayttaytminen.html>
- 34 <https://www.virta.global/fi/blogi/sahkoauton-kulutus-kuinka-paljon-sahkoauto-kuluttaa-vuodessa>

- 35 (July 30, 2018 by Robin Mitchell) <https://www.allaboutcircuits.com/news/power-storage-renewable-energy-history-of-batteries-virtual-power-station/> akkujen historia)
- 36 (VTT: Sähköautojen laajan käyttöönoton skenaarioita ja vaikutuksia sähköjärjestelmään)
- 37 [https://en.wikipedia.org/wiki/Tesla,\\_Inc.](https://en.wikipedia.org/wiki/Tesla,_Inc.)
- 38 <https://www.youtube.com/watch?v=Oz2OtEWN1ao>
- 39 <https://www.businessgreen.com/bg/news/3063884/uk-power-reserve-and-fluence-to-build-120mw-battery-storage-fleet>
- 40 [https://www.hel.fi/hel2/ksv/julkaisut/los\\_2016-6.pdf](https://www.hel.fi/hel2/ksv/julkaisut/los_2016-6.pdf)
- 41 <https://www.tekniikkatalous.fi/uutiset/sahkoauton-latauspisteprojekti-voi-tulla-kalliiksi-hintaa-tulee-akkia-auton-verran/3c84c1e2-af55-39ba-a59e-fa8b20961033>
- 42 <https://www.lumme-energia.fi/sahkoauton-lataus>
- 43 <https://www.ara.fi/latausinfra-avustus>
- 44 <https://www.virta.global/fi/blogi/sahkoauton-kulutus-kuinka-paljon-sahkoauto-kuluttaa-vuodessa>
- 45 <https://www.lahtienergia.fi/fi/sahko/hinnastot-sopimusehdot/sahkon-hinnat>
- 46 <https://www.polttoaine.net/>
- 47 <https://vihreakaista.fi/fi-fi/article/sahko/mita-maksaa-sahkoauton-lataaminen/178/>
- 48 [https://www.motiva.fi/files/15446/Kiinteistojen\\_latauspisteet\\_kuntoon\\_paivitetty\\_05.11.2018.pdf](https://www.motiva.fi/files/15446/Kiinteistojen_latauspisteet_kuntoon_paivitetty_05.11.2018.pdf)

## As Oy auvisrinteen liittymän virrat

